

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-304453

(43)公開日 平成11年(1999)11月5日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

G 0 1 B 11/30

G 0 1 B 11/30

D

G 0 1 N 21/88

G 0 1 N 21/88

E

G 0 6 T 7/00

G 0 6 F 15/62

4 0 5 A

審査請求 有 請求項の数 7 O L (全 12 頁)

(21)出願番号 特願平10-107523

(22)出願日 平成10年(1998)4月17日

(71)出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(71)出願人 597124121

株式会社レゾン

神奈川県横浜市西区平沼2丁目2番1号

(72)発明者 野崎 岳夫

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株

式会社内

(72)発明者 西井 聡

神奈川県横浜市西区平沼2丁目2番1号

株式会社レゾン内

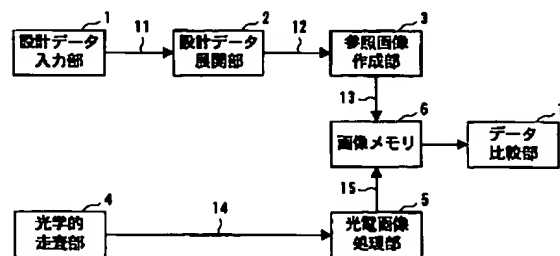
(74)代理人 弁理士 山川 政樹

(54)【発明の名称】 多階調丸め補正処理方法およびパターン検査装置

(57)【要約】

【課題】 被検査対象の実画像の、精度の良いコーナー部の丸め階調補正処理を実行し、コーナー部での疑似欠陥を削減する。

【解決手段】 設計データ展開部2において、矩形または台形で記述される設計データ11を、検査分解能以下の分解能を有する各画素に多階調値で配線パターンとして展開して参照データ12を作成し、参照画像作成部3において、実画像15のエッジ位置に基づいて、この参照データの各配線パターンの幅を多階調のまま検査分解能以下でコーナー部の丸め階調補正を行い、光点拡がり関数によるぼかし処理を行う前の参照画像13を作成する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 設計データに基づいて被検査対象上に形成されたパターンを、所定波長のレーザービームで走査し、被検査対象を通過して得られる透過光を対物レンズで受光素子上に結像させて、この受光素子から得られたパターン情報から実画像を生成し、この実画像と前記設計データを画像化して得られる参照画像とを比較し、被検査対象の欠陥を検出するパターン検査装置において、検査分解能より細かな分解能を有する各画素上に設計データを多階調値からなるパターンとして展開して参照データを作成し、

10 コーナー情報を一切持たない参照データからコーナー部を自動認識し、同時にこの各パターンコーナー部を実画像から抽出されたコーナー半径に基づいて、多階調のまま検査分解能より細かな精度で参照データのコーナー部の丸め補正処理をすることを特徴とする多階調丸め補正処理方法。

【請求項2】 請求項1記載の多階調丸め補正処理方法において、

参照データの処理対象画素に施す隣接画素範囲を画素単位またはサブ画素単位で定義された所定半径を持つ円形、リングマスク、または円を近似する多角形状のマスク領域を、多階調値で展開された参照データ上に走査することによって、各種コーナー形状を作成することを特徴とする多階調丸め補正処理方法。

【請求項3】 請求項2記載の多階調丸め補正処理方法において、

参照データ上に走査する円形、リング、またはサブ画素単位で定義された多角形マスクの持つ面積値1の各単位画素内に占有するマスク面積比と、参照データに存在するパターンがとり得る最大階調値とを乗算し、合計したマスクパターン内基準階調合計値を定義し、任意の場所で折り返したマスク領域で、折り返した線を境界としてマスク中心を含まない側におけるマスク範囲のマスクパターン内基準階調合計値をマスク変極点範囲下限値とし、マスク中心を含む側におけるマスク範囲のマスクパターン内基準階調合計値をマスク変極点範囲上限値としてコーナーパターン判定基準値を算出することを特徴とする多階調丸め補正処理方法。

【請求項4】 請求項3記載の多階調丸め補正処理方法において、

マスク変極点範囲上限値からマスク変極点範囲下限値を減じた値で、最大階調値を除算した値をマスク変極点範囲1画素比として算出することを特徴とする多階調丸め補正処理方法。

【請求項5】 請求項4記載の多階調丸め補正処理方法において、

参照データ上に走査する前記円形マスク、リングマスク、またはサブ画素単位で定義された多角形マスクの持つ面積値1の各単位画素内に占有するマスク面積比と、

マスク領域の各画素に対応する参照データのパターン階調値を乗算し、合計したマスク内階調合計値を求め、マスク内階調合計値が前記マスク変極点範囲下限値以下の場合には、マスク中心である処理対象画素アドレスの階調値を最小階調値に設定し、

マスク内階調合計値が前記マスク変極点範囲上限値以上の場合には、マスク中心の処理対象画素アドレスの階調値を最大階調値に設定し、

マスク内階調合計値がマスク変極点範囲下限値より大きく、かつマスク変極点範囲上限値より小さい場合には、マスク内階調合計値からマスク変極点範囲下限値を減じた値にマスク変極点範囲1画素比を乗算した値をマスク中心の処理対象画素アドレスの階調値に設定し、

この階調値の補正を処理対象パターンの各画素に着目して繰り返し実行することにより、サブ画素単位でコーナー部の階調値のみを変更することを特徴とする多階調丸め補正処理方法。

【請求項6】 請求項5記載の多階調丸め補正処理方法において、

コーナー部の丸め処理終了後、多階調の参照データに検査装置の光学系特性を持つフィルタ処理を施し、対応する実画像のコーナーパターンに類似した階調分布をもつ比較参照画像を生成することを特徴とする多階調丸め補正処理方法。

【請求項7】 設計データに基づいて被検査対象上に形成されたパターンを、所定波長のレーザービームで走査し、被検査対象を通過して得られる透過光を対物レンズで受光素子上に結像させて、この受光素子から得られたパターン情報から実画像を生成し、この実画像と前記設計データを画像化して得られる参照画像とを比較し、被検査対象の欠陥を検出するパターン検査装置において、請求項1乃至6の多階調丸め処理方法に基づいてコーナー部の参照画像を補正する手段を備えることを特徴とするパターン検査装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、パターン検査装置において、特に設計データからDie-To-Data BASE検査に用いる参照画像の丸め処理補正を行う多階調丸め補正処理方法およびパターン検査装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 一般に、フォトマスク、レティクル、ウェハー液晶などに形成された半導体集積回路などの微細パターンが、設計データから作成した理想的なパターンの寸法、形状に基づいて正確に描かれているか否かを、パターン検査装置により検査する必要がある。この種のパターン検査装置では、まず、矩形または台形の位置座標、および線分長で記述された設計データを、適切な分解能で被検査パターンに相当する「0」、「1」の

2値のビットデータに変換する。

【0003】次に、被検査対象パターンをレーザービームで走査し、その透過光を受光素子上に結像させて得たパターン情報から、あるいは撮像系から得たパターン画像のエッジプロファイルから、所定の光学的点広がり関数を作成し、この関数を用いるとともに、2値のビットデータとの畳み込み演算を施すことにより、設計データを多階調データ（多値データ）に変換し、参照画像を得る。そして、光学系走査または撮像系入力により得られた実画像に同期して、設計データから得られた参照画像を読み込み、対応する画素位置で両者の不一致点を検出することによって実パターン上の欠陥検出（Die-T-O-D a t a B A S E 試験）を行う。

【0004】なお、実画像内のパターンには、光学的条件や製造プロセスの影響などにより、設計理想値に比べて、コーナー（角部）の丸み、線幅の太りや細りなどの寸法誤差が存在し、設計データから得られた参照画像との擬似的な誤差に起因して、欠陥とは判定しない疑似欠陥が生じやすい。したがって、各検査領域での特徴量に応じて、適切なコーナー認識、エッジ位置検出などの特徴抽出を行って、参照画像を予め修正しておく方法が考えられる。

【0005】従来のコーナー丸め処理方法では、参照画像のコーナーパターンを修正する場合、実画像に適切なコーナー検出処理を行い、設計データのコーナーパターン修正を2値データ、ビット（画素）単位のままで修正するものとなっている。この場合、設計ビットパターンから変更ビットパターンを作成し、実画像を2値化した被検査パターンのビットデータとの論理演算を行うことにより、参照画像側のコーナーパターンの変更を行う。

【0006】また、実画像のエッジ位置検出やコーナー認識などにより設計データから抽出されるエッジやコーナーに対して、所定のコーナー角度（例えば、0、45、90、135度）を有するコーナーを示すビット単位の修正テンプレートを用意しておく。さらにそのコーナーに対応する実画像に最も近い修正テンプレートを選択して元の設計データを修正し、修正した設計データを再び4-16階調の多値化処理を施して参照画像を作成し、得られた参照画像と実画像との階調差を適切な欠陥アルゴリズムのしきい値で、欠陥か否かを判定することによって、欠陥の検出を行うものとなっている（例えば、特開平4-350776号公報、特開平6-273915号公報など参照）。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このような従来のパターン検査装置では、設計データから作成した参照画像のコーナーに近い修正テンプレートを用いて、元の設計データを修正して再度参照画像を作成することにより、光学的走査によって得られる正常パターンの実画像データに近い参照画像を作成するものとなって

いるため、設計データに対する修正処理により検査スループットが低下するとともに、修正テンプレートとの階調差に起因して疑似欠陥が発生するという問題点があった。

【0008】すなわち、設計データのパターン修正をビット列で示されるパターン形状の複数のテンプレートから実画像の形状に近いテンプレートを選択し、その論理演算によって得られるビット列を光学的走査によって得られる点広がり関数から計算される光強度分値と修正したテンプレート画像とのたたみ込み演算によって多値の比較用参照画像を作成するため、画素数が増えると処理すべき演算量が大幅に増大し、検査スループットが低下するという問題点があった。

【0009】さらに、展開された同一参照データに対して、コーナー認識と丸め階調補正を個別におこなうため、演算処理が増大するという問題点があった。このような状況に対して処理速度を短縮するために、展開前の設計情報に予めコーナー情報を持たせる方法もあるが、設計情報が膨大となり、記憶資源の増大と展開時間の増大するため、トータルでの検査時間のスループットが低下するという問題点があった。

【0010】さらに、パターン修正におけるコーナー丸め処理を、各画素内においてテンプレートによるビット列の演算で行うため、修正された後のパターンの階調値がテンプレートの階調分布に限定されてしまうという欠点がある。さらに、周囲パターンの形状に無関係に階調補正が実行されるため、パターンが画素の区切りに位置しないエッジ部分やエッジからコーナー部にかかる丸まり部分では、走査によって得られる実画像との階調差が大きくなり、疑似欠陥が発生しやすいという問題点があった。

【0011】このため、設計パターンが画素の区切り位置に存在しない2つの任意角度の斜めエッジから構成されるパターンコーナー部では、テンプレートを用いて画素単位で階調を補正しても、階調差の段差が補間できない。特に、画素の区切りにある欠陥や周囲とのコントラストが悪く、検査分解能より細かいコーナー上のパターン欠陥は、周囲との階調差が出にくいいため、参照画像との比較処理による欠陥検出感度が低下するという欠点があった。

【0012】本発明はこのような課題を解決するためのものであり、被検査対象の実画像に近く精度の良いコーナー部を有する参照画像を作成できるとともに、コーナー部での疑似欠陥を大幅に削減できるパターン検査装置を提供することを目的としている。

【0013】

【課題を解決するための手段】このような目的を達成するために、請求項1の発明は、多階調丸め補正処理方法として、検査分解能より細かい分解能を有する各画素上に設計データを多階調値からなるパターンとして展開し

て参照データを作成し、コーナー情報を一切持たない参照データからコーナー部を自動認識し、同時にこの各パターンコーナー部を実画像から抽出されたコーナー半径に基づいて、多階調のまま検査分解能より細かな精度で参照データのコーナー部の丸め補正処理をするようにしたものである。

【0014】また請求項2の発明は、請求項1の多階調丸め補正処理方法において、参照データの処理対象画素に施す隣接画素範囲を画素単位またはサブ画素単位で定義された所定半径を持つ円形、リングマスク、または円を近似する多角形状のマスク領域を、多階調値で展開された参照データ上に走査することによって、各種コーナー形状を作成するようにしたものである。また請求項3の発明は、請求項2記載の多階調丸め補正処理方法において、参照データ上に走査する円形、リング、またはサブ画素単位で定義された多角形マスクの持つ面積値1の各単位画素内に占有するマスク面積比と、参照データに存在するパターンがとり得る最大階調値とを乗算し、合計したマスクパターン内基準階調合計値を定義し、任意の場所で折り返したマスク領域で、折り返した線を境界としてマスク中心を含まない側におけるマスク範囲のマスクパターン内基準階調合計値をマスク変極点範囲下限値とし、マスク中心を含む側におけるマスク範囲のマスクパターン内基準階調合計値をマスク変極点範囲上限値としてコーナーパターン判定基準値を算出するようにしたものである。

【0015】また請求項4の発明は、請求項3記載の多階調丸め補正処理方法において、マスク変極点範囲上限値からマスク変極点範囲下限値を減じた値で、最大階調値を除算した値をマスク変極点範囲1画素比として算出するようにしたものである。また請求項5の発明は、請求項4記載の多階調丸め補正処理方法において、参照データ上に走査する前記円形マスク、リングマスク、またはサブ画素単位で定義された多角形マスクの持つ面積値1の各単位画素内に占有するマスク面積比と、マスク領域の各画素に対応する参照データのパターン階調値を乗算し、合計したマスク内階調合計値を求め、マスク内階調合計値が前記マスク変極点範囲下限値以下の場合には、マスク中心である処理対象画素アドレスの階調値を最小階調値に設定し、マスク内階調合計値が前記マスク変極点範囲上限値以上の場合には、マスク中心の処理対象画素アドレスの階調値を最大階調値に設定し、マスク内階調合計値がマスク変極点範囲下限値より大きく、かつマスク変極点範囲上限値より小さい場合には、マスク内階調合計値からマスク変極点範囲下限値を減じた値にマスク変極点範囲1画素比を乗算した値をマスク中心の処理対象画素アドレスの階調値に設定し、この階調値の補正を処理対象パターンの各画素に着目して繰り返し実行することにより、サブ画素単位でコーナー部の階調値のみを変更するようにしたものである。

【0016】また請求項6の発明は、請求項5記載の多階調丸め補正処理方法において、コーナー部の丸め処理終了後、多階調の参照データに検査装置の光学系特性を持つフィルタ処理を施し、対応する実画像のコーナーパターンに類似した階調分布をもつ比較参照画像を生成するようにしたものである。また請求項7の発明は、設計データに基づいて被検査対象上に形成されたパターンを、所定波長のレーザービームで走査し、被検査対象を通過して得られる透過光を対物レンズで受光素子上に結像させて、この受光素子から得られたパターン情報から実画像を生成し、この実画像と前記設計データを画像化して得られる参照画像とを比較し、被検査対象の欠陥を検出するパターン検査装置において、請求項1乃至6の多階調丸め処理方法に基づいてコーナー部の参照画像を補正する手段を備えるものである。

【0017】

【発明の実施の形態】次に、本発明について図面を参照して説明する。図1は本発明の一実施の形態であるパターン検査装置のブロック図である。このパターン検査装置には、検査を行う配線パターンすなわち被検査パターンをレーザービームでスキャンすることにより走査信号14を出力する光学的走査部4と、この走査信号14を多値階調の実画像15として変換出力する光電画像処理部5とが設けられている。

【0018】また、被検査パターンの図形寸法が定義された設計データ11を入力する設計データ入力部1と、この設計データ11を配線パターンに展開して多値階調の参照データ12を作成する設計データ展開部2と、この参照データ12の各配線パターンを実画像15に近付けるための補正を行うことにより参照画像13を作成する参照画像作成部3と、光学的走査により得られた被検査パターンの実画像15と設計データ11から作成された参照画像13とを比較することにより被検査パターンの検査を行うデータ比較部7とが設けられている。

【0019】次に、図を参照して、本発明の動作について説明する。MEBESなどのフォーマットで記述された設計データ11が、設計データ入力部1から入力される。続いて、設計データ展開部2において、入力された設計データ11が、実画像15のパターン座標のアドレスに対応して格子状に配置された各画素上に、配線パターンとして展開される。

【0020】図2は、展開された配線パターンの一部を示す説明図である。各画素は、設計データ展開部2における展開分解能に相当する。この場合、パターン21のエッジ22は画素の切れ目になく、例えば画素23上では、x方向（横方向）に3:1の比率位置に展開され、y方向（縦方向）に1:1の比率位置に展開されていることを示している。

【0021】各画素には、多値階調の階調値（濃淡値）を検査分解能より細かな分解能で算出するために、複数

のサブ画素が設けられており、このサブ画素の数により、各画素における階調値の精度が決定される。例えば、最大階調値を255、最小階調値を0としてデータを展開する場合には、1画素が16×16個のサブ画素で構成され、各サブ画素は、「0」、「1」の2値をとる。

【0022】図3は、図2の画素23の拡大図であり、この場合、16×16個のサブ画素のうち、8×12個のサブ画素上にパターン21が存在している。ここで、パターン21に属するサブ画素を「1」で表し、パターン21に属さないサブ画素を「0」で表した場合、画素23の階調値は、8×12=96となる。

【0023】これにより、パターン21に属さない画素の階調値は最小階調値(MIN=0)となり、パターン21に属する画素のうちパターンエッジ以外の部分の画素の階調値は最大階調値(MAX=255)となる。また、パターン21に部分的に属するパターンエッジ部分の画素の階調値は、その画素内でパターン21に属するサブ画素数に対応する階調値となる。

【0024】このようにして、画素内のビット列の面積を積分することにより、図4に示すように、展開されたパターン21の階調値を、各画素すなわち実画像15のパターン座標のアドレスごとに算出できる。したがって、設計データ展開部2では、設計データ11に基づいて各画素上に配線パターンを展開した後、各画素ごとにビット積分した値を階調値として算出し、参照データ12として出力する。

【0025】次に、参照画像作成部3は、設計データ展開部2から出力された参照データ12のうち、各配線パターン幅の適切な画素単位またはサブ画素での拡大/縮小補正を行うことによって、各配線パターンのエッジ位置を移動修正する。そして、参照データ12のコーナー部に対応する位置の実画像15のコーナー半径に基づいて、その参照データ12のコーナー部の多階調丸め補正処理を行う。その後、検査装置の光学係特性を持つフィ

$$\text{マスク変極点範囲下限値} = S1 \times \text{MAX} \quad \dots (1)$$

として算出する。

【0031】例えば、図11(a)に示すように、マスク中心の存在する画素列を含まないマスク領域面積である場合のマスク変極点範囲下限値は、図11(c)に示すように、MAX×8となる。マスク変極点範囲下限値は、マスクパターンの中心の画素列を含まない場合にと

$$\text{マスク変極点範囲上限値} = S2 \times \text{MAX} \quad \dots (2)$$

として算出する。

【0033】図11(b)に示すようにマスク中心が存在する画素列を含むマスク領域面積であるマスク変極点範囲上限値は、図11(d)に示すように、MAX×13となる。マスク変極点範囲上限値は、マスク中心の存在する画素列を含む場合にとりえるマスク内階調合計値

$$\text{マスク変極点範囲1画素比}$$

ルタ処理を実施し、実画像15に近い参照画像13を作成する。

【0026】なお、多階調丸め補正処理における丸め半径長さ、および丸め処理回数については、画像メモリ6に格納されている実画像15のうち代表事例とみなされる画像から、被検査パターンのコーナー部分が存在する位置のコーナー形状と階調分布とに基づき、参照データ12の対応する領域での各マスク形状で作成した参照画像との輝度差の和の最小値に基づいて決定される。

10 【0027】ここでは、まず、マスク形状のマスク変極点範囲下限値、マスク変極点範囲上限値、マスク変極点範囲1画素比の算出方法について説明する。図5～図10は各種マスクパターン例を示す説明図であり、図5は画素単位で定義された4隣接マスクパターン例、図6は画素単位で定義された円形マスクパターン例(半径R=2.5画素)である。

【0028】また図7はサブピクセル単位で定義された多角形マスクパターン例(真円)、図8は図7の真円を近似する多角形マスクパターン(半径R=2.5画素)例、図9はサブピクセル単位で定義されたリングマスクパターン例、図10は真円を近似する多角形マスクパターン(半径R=2.5)で変極点範囲を広げたマスク形状例である。以下では、説明を容易にするために、画素単位で構成される図6のマスクパターンについて説明する。

【0029】単位画素に相当するマスク内のそれぞれのグリッド単位でとりえる最大階調値MAXを255、最小階調値MINを0に設定する。走査される参照データ12のパターンエッジはぼけがなく、階調値はすべてMAXであるものを代表事例として与える。

【0030】変極点範囲下限値はマスク中心を含む画素列(点線部)を折り返し位置として、マスク形状を折り返した時の境界がマスク中心のある画素列を含まない側のマスク領域面積をS1とした時、マスク変極点範囲下限値を、

りえるマスク内階調合計値の最大値である。

40 【0032】同様に、マスク変極点範囲上限値はマスク中心を含む画素列(点線部)を折り返し位置として、マスク形状を折り返した時の境界がマスク中心のある画素列を含む側のマスク領域面積をS2とした時、マスク変極点範囲上限値を、

の最大値である。

【0034】マスク変極点範囲1画素比は図11(e)で示すように、マスク変極点範囲上限値からマスク変極点範囲下限値を減算した値で最大階調値(MAX)を減算した値であり、

$$\begin{aligned}
 &= \text{最大階調値} \div (\text{マスク変極点範囲上限値} - \text{マスク変極点範囲下限値}) \\
 &= \text{MAX} \div (\text{S2} \times \text{MAX} - \text{S1} \times \text{MAX}) \\
 &= 1 \div (\text{S2} - \text{S1}) \quad \dots (3)
 \end{aligned}$$

として算出する。

【0035】したがって、図11(e)の場合には、

$$\begin{aligned}
 &\text{マスク変極点範囲1画素比} \\
 &= \text{MAX} \div (13 \times \text{MAX} - 8 \times \text{MAX}) \\
 &= 1 \div (13 - 8) \\
 &= 1/5
 \end{aligned}$$

となる。図18は図5～図10の各マスクにおけるマスク変極点範囲上限値、マスク変極点範囲下限値、マスク変極点範囲1画素比の計算例である。

【0036】次に、図12を参照して、パターン多階調丸め処理について説明する。図12はパターン多階調丸め処理を示すフローチャートである。なお、処理対象パターンについては、実画像15と参照データ12とのパターン位置が予め比較され、多階調サブピクセル拡大または縮小のいずれかの処理でエッジ位置の補正が既に行われているものとする。

【0037】まず、高速化のために、実際のマスク形状からマスク変極点範囲下限値、マスク変極点範囲上限

$$\begin{aligned}
 &\text{該当画素の補正值} = (\text{マスク内階調合計値} - \text{マスク変極点範囲下限値}) \\
 &\quad \times (\text{マスク変極点範囲1画素比}) \quad \dots (4)
 \end{aligned}$$

として該当画素の階調補正を行う(ステップ56)。

【0040】図13は図12に示される丸め処理のフローを図6で示される画素単位の円形マスクパターンを用いた場合の一実施例である。なお、説明を簡便化するためにここでは参照データは画素の区切りに常に存在し、パターンの辺縁部は常に最大階調値=255の場合を考えるものとする。マスクを多値で展開された参照データ上に走査した時、マスクが図13(a)に示される位置にある場合には、マスク内階調合計値=8×MAXであり、図18からマスク変極点範囲下限値(8×MAX)以下であるから、補正されるマスク階調値は0になる。

$$\begin{aligned}
 &\text{補正される階調値} = (11 \times \text{MAX} - 8 \times \text{MAX}) \times (1/5) \\
 &= 153
 \end{aligned}$$

となる。

【0043】図13(d)の場合には、マスク内階調合計値はマスク変極点範囲内にはあるが、該当画素の補正值は、参照データにマスクを走査した時のマスク中心画素の階調値に常に一致する。すなわちマスク中心がパターンエッジ上にある場合には、参照データの階調の補正が行われないことになる。したがって、コーナー部の領域の階調値のみが補正されるものとなり、コーナー認識と丸め補正が同時に実行されることになる。

【0044】このようにして、マスク走査を全画素について繰り返し実行するとともに(ステップ53: YES)、全画素に対して指定処理回数分だけの階調補正処理を繰り返し実行し(ステップ52: YES)、一連の処理を終了する。なお、図14は、図6のマスクパター

値、マスク変極点範囲1画素比、丸め処理回数が予め計算され、参照画像作成部3のメモリ内に設定される(ステップ51)。次に、丸め処理回数だけ繰り返しが終了していない場合には(ステップ52: NO)、選択されたマスクを参照データ12上に走査する。

【0038】そして、全画素分の繰り返しが終了していない場合には(ステップ53: NO)、マスク内階調合計値を求め(ステップ54)、求めたマスク内階調合計値の値に応じて、以下の3つの処理をいずれかの処理を行い該当画素の階調補正を行う(ステップ55)。

【0039】まず、マスク内階調合計値≥マスク変極点範囲上限値の場合には、該当画素を最大階調値MAX=255に補正する(ステップ58)。また、マスク内階調合計値≤マスク変極点範囲下限値の場合には、該当画素を最小階調値MIN=0に補正する(ステップ57)。さらに、マスク変極点範囲下限値<マスク内階調合計値<マスク変極点範囲上限値の場合には、

すなわち黒画素平坦部領域と判定される。

【0041】図13(b)に示される位置にある場合には、マスク内階調合計値=15×MAXとなり、図18の表のマスク変極点範囲上限値(13×MAX)以上になるので、補正されるマスク階調値は最大階調値MAX=255になる。すなわち白画素平坦部領域と判定される。

【0042】図13(c)の場合、マスク内階調合計値はマスク変極点範囲内にあり、マスク変極点範囲下限値<マスク内階調合計値<マスク変極点範囲上限値になるので、

ン、図7のマスクパターンで半径R=1.5, R=2.0, R=2.5および、図9に示す各マスクパターンを

参照データに作用させた時の参照データの階調変化を示す説明図であり、特に、パターンのエッジやコーナーが画素の切れ目に存在していない例であり、等高線はその画素位置における階調値を示している。

【0045】図14(a)は展開された直後の参照データを示している。このパターンに対して、図6、図7、および図9の各々のマスクパターン多階調丸め補正処理を行った場合の結果を図14(b)～(f)に示す。図からわかるように、各マスクを施すと、マスク形状に応じたコーナー部分に丸め補正が施された参照データが得られることがわかる。なお、図14は参照データ12のパターンを画像化したものであり、実際には階調値から

なる数値データで構成されている。

【0046】図15は、コーナー部における実画像の階調値、図16は、対応する画素位置アドレスにおいて、図8の真円を近似する $\approx 2.5$ のマスクパターンで図12のフローで示される多階調丸め補正処理で得られた参照データに、実画像から得られる光学系の光点拡がり関数から得られるフィルタ係数でぼかし処理を行った画像の参照画像の階調値を示している。

【0047】図17は、参照画像と実画像との差画像の各画素位置での階調値を示している。コーナー部での参照画像と実画像の階調差がきわめて小さいことから、画像のコーナーやエッジ部が画素の切れ目に存在しなくても、サブ画素単位での丸め補正によって、参照画像のコーナー部は実画像のコーナー部に近い階調分布が実現されていることがわかる。

【0048】このようにして、参照画像作成部3（図1参照）では、入力された参照データを、画素単位およびサブ画素単位で多階調の丸め補正処理を行うことにより、実画像15に近い参照画像13を作成する。続いて、参照画像13は画像メモリ6に格納され、データ比較部7により、すでに格納されている実画像15と比較され、被検査パターンが、設計データから作成した理想的なパターンの寸法、形状に基づいて正確に描かれているか否か検査される。

【0049】なお、以上の説明では、パターン検査処理に要する時間を短縮するため、整数値を用いて演算処理を行う場合の例に説明したが、処理時間に制約をうけない場合は、変極点範囲下限値および上限値、マスク変極点範囲1画素比、マスク内階調合計値などの算出に浮動小数値を使用してもよい。これにより、例えば図7で示したように、真円を近似した多角形のマスクパターンではなく、真円のマスクパターンを直接用いることができ、パターン検査精度がさらに向上する。

【0050】

【発明の効果】以上説明したように、本発明は、多数倍精度の多階調値マトリックスで画素の階調値が表現された設計データに多階調のまま丸め補正処理をすることによって、設計データのコーナーやエッジが画素の切れ目ではなく画素内に存在していても、設計パターンのコーナー位置の階調を高精度に表現でき、検査対象から得られた実画像に近い精度の良い参照画像を作成できる。

【0051】また、展開された多階調を持つ参照データでのマスク内処理対象画素の周囲階調の合計値から処理対象画素位置の階調値を補正するので、同様なテンプレートであっても従来のように、補正後の階調値がテンプレートの階調分布により限定されないため、実画像の階調分布に則した精密な参照画像を作成できる。また、実画像のコーナーパターンの丸まり半径に応じて、画素単位でもまた、サブ画素単位でもマスク形状を設定できるので、所望する検査精度にあったコーナーの丸まり形

状、階調分布が得られる。

【0052】また、マスク形状だけでなく、マスク変極点範囲を変化させてマスク変極点範囲での1画素の面積比を変更することにより、該当する画素の階調補正ができるので、マスク形状だけで補正仕切れない階調値の調整ができるという効果がある。また、参照データへの1回のマスク走査で、コーナー認識と丸め階調補正処理を同時に実行できるので、検査速度の大幅な向上ができるという効果がある。

10 【0053】さらに、設計データの配線パターンの任意角度を持つコーナー部が、いかなる角度で配置されていても、コーナー部の該当する画素のみを識別し、画素分解能より細かなサブ画素単位での階調補正を行うようにしたので、丸め階調補正処理によるパターン変形を大幅に抑制でき、設計データの配置がビーム走査方向に依存していない場合でも、被検査対象パターンの実画像に極めて近い参照画像パターンを作成できる。

【図面の簡単な説明】

20 【図1】 本発明の一実施の形態によるパターン検査装置のブロック図である。

【図2】 展開された配線コーナーパターンの一部を示す説明図である。

【図3】 図2の1画素の拡大図である。

【図4】 図2のパターンの各画素の階調値を示す説明図である。

【図5】 画素単位で定義された4隣接マスクパターンを示す説明図である。

【図6】 画素単位で定義された円形マスクパターン（半径 $R=2.5$ 画素）を示す説明図である。

30 【図7】 サブピクセル単位で定義された多角形マスクパターン（真円）を示す説明図である。

【図8】 図7の多角形マスクパターン（半径 $R=2.5$ 画素）を示す説明図である。

【図9】 サブピクセル単位で定義されたリングマスクパターンを示す説明図である。

【図10】 円形マスクパターン（半径 $R=2.5$ ）で変極点範囲を広げたマスク形状を示す説明図である。

【図11】 マスク変極点範囲、マスク変極点範囲1画素比を示す説明図である。

40 【図12】 多階調丸め補正処理のフローチャートを示す説明図である。

【図13】 画素単位での丸め処理における階調補正值の判定処理の説明図である。

【図14】 各マスク形状で丸め補正処理を行った後の参照データを示す説明図である。

【図15】 レーザースキャンによって得られた実画像コーナー部の階調分布を示す説明図である。

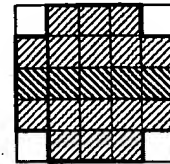
50 【図16】 丸め補正処理後にぼかし処理を行って作成した参照画像コーナー部の階調分布を示す説明図である。

1…設計データ入力部、2…設計データ展開部、3…参照画像作成部、4…光学の走査部、5…光書画像処理部、6…画像メモリ、7…データ比較部、11…設計データ、12…参照データ、13…参照画像、14…走査信号、15…実画像。

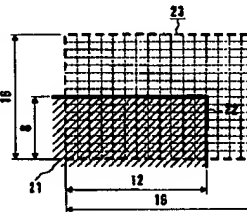
信号、15…実画像。

信号、15…実画像。

【図 6】

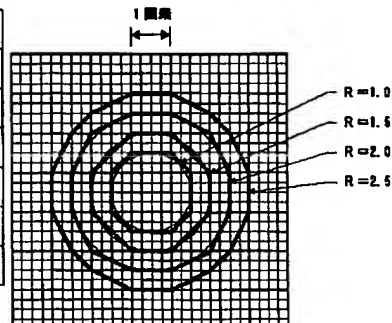


【図 3】



1圖米=16倍精度  
8×12=96 (階調値)

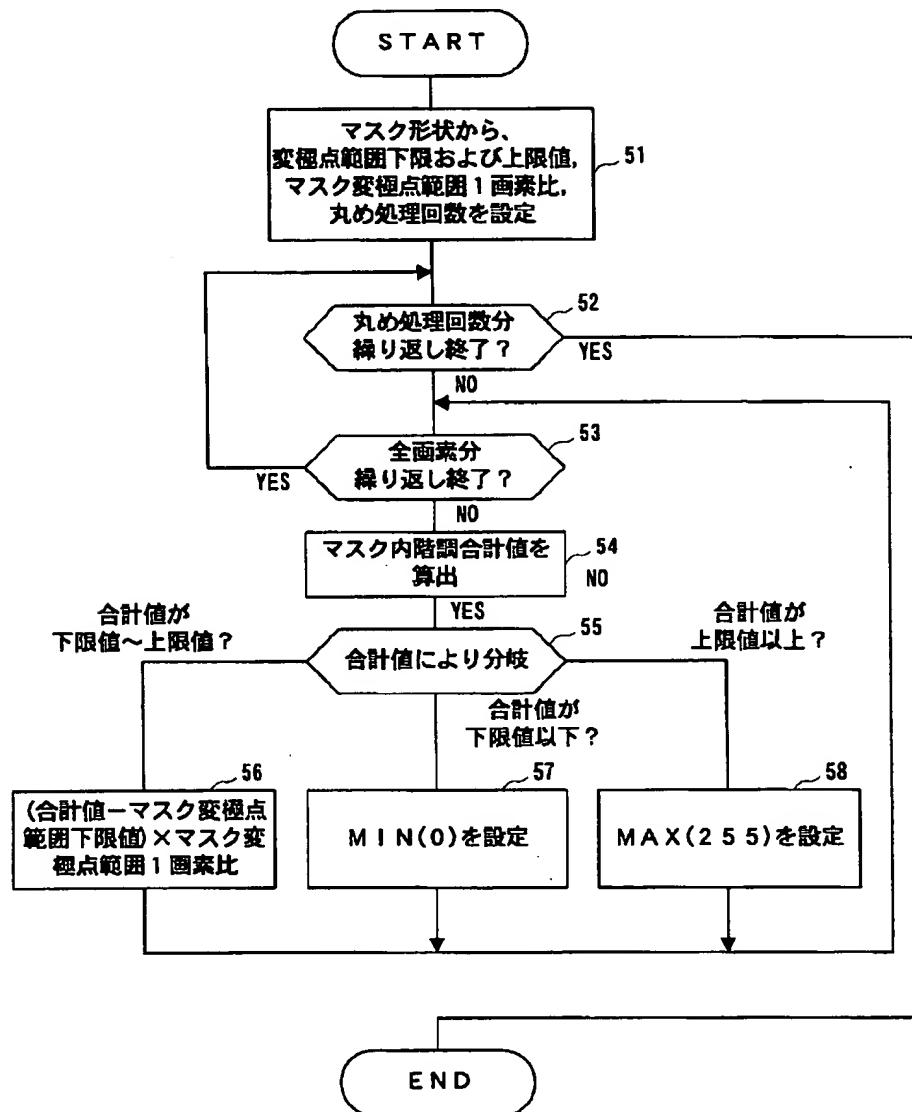
【图7】

[illegible]





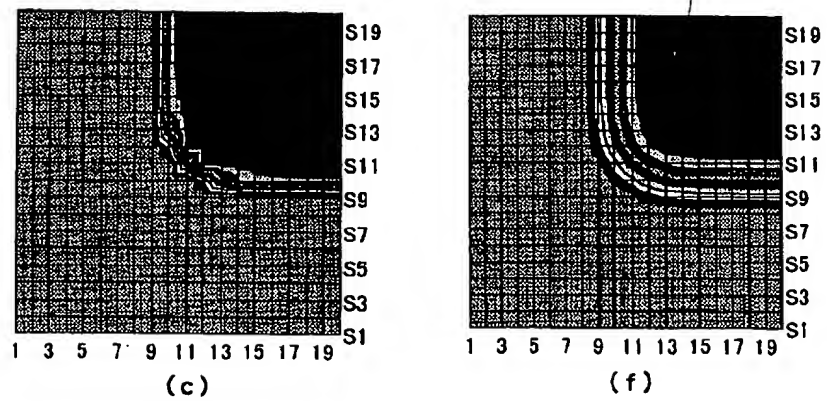
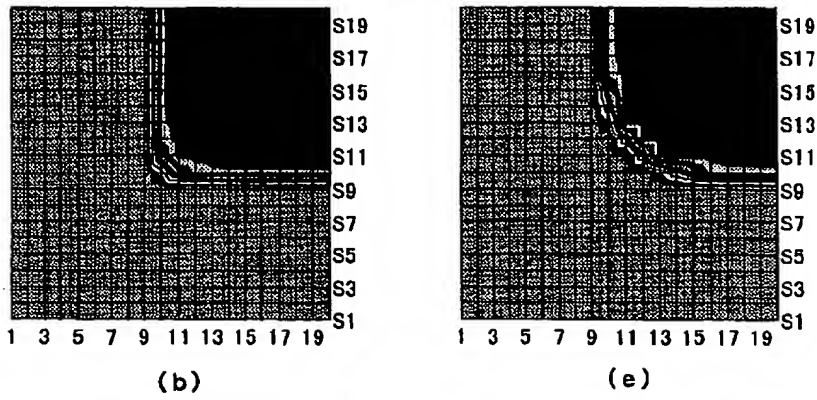
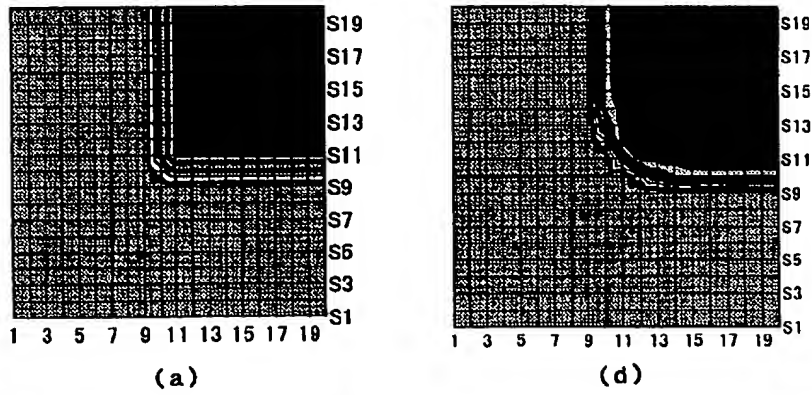
【図 12】



【図 18】

パターン	マスク変極点範囲 下限値	マスク変極点範囲 上限値	マスク変極点範囲 1 画素比
図 5	$1 \times \text{MAX}$	$4 \times \text{MAX}$	$1/3$
図 6	$8 \times \text{MAX}$	$13 \times \text{MAX}$	$1/5$
図 7 R=1.0	$(\text{MAX} \times 3)/4$	$2 \times \text{MAX} + (\text{MAX} \times 3)/4$	$1/2$
図 7 R=1.5	$\text{MAX} \times 2$	$\text{MAX} \times 5$	$1/3$
図 7 R=2.0	$\text{MAX} \times 4 + \text{MAX}/2$	$\text{MAX} \times 8 + \text{MAX}/2$	$1/4$
図 7 R=2.8 (図 8)	$\text{MAX} \times 7 + \text{MAX}/4$	$\text{MAX} \times 12 + \text{MAX}/4$	$1/5$
図 9	$\text{MAX} \times 5 + \text{MAX}/4$	$\text{MAX} \times 7 + \text{MAX}/4$	$1/2$
図 10	$\text{MAX} \times 2 + \text{MAX} \times 3/4$	$\text{MAX} \times 16 + \text{MAX} \times 3/4$	$1/14$

【図 1 4】



階調値

210-240	90-120
180-210	60-90
150-180	30-60
120-150	0-30

【图 16】

[illegible]

【図 17】

[illegible]